

DWPI

DERWENT-ACC-NO: 1993-331221

DERWENT-WEEK: 199342

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Fluoro:phosphate glass single mode fibre showing good optical signal

amplification - comprises fluoro:phosphate glass as core and cladding

PATENT-ASSIGNEE: NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE CORP[NITE]

PRIORITY-DATA: 1992JP-0036625 (February 24, 1992)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	
PAGES	MAIN-IPC		
JP 05238775 A	September 17, 1993	N/A	012
C03C 013/04			

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP05238775A	N/A	1992JP-0036625
February 24, 1992		

INT-CL(IPC): C03C003/247; C03C013/04 ; G02B006/16

ABSTRACTED-PUB-NO: JP05238775A

BASIC-ABSTRACT: Fluorophosphate glass single mode fibre comprises a

fluorophosphate glass, as a core glass, capable fo dispersing rare earth ions

in high concn., and a fluorophosphate glass, as a cladding, having thermal

property similar to that of the core glass.

USE - Used for optical fibres showing good optical signal amplification and

super-luminescence properties.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/1

DERWENT-CLASS: L01 P81 V07

CPI-CODES: L01-F03F;

EPI-CODES: V07-F01A3B;

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-238775

(43)公開日 平成5年(1993)9月17日

(51)IntCl⁵

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 0 3 C 13/04

3/247

G 0 2 B 6/16

7036-2K

// G 0 2 B 6/00

3 7 6 A 7036-2K

審査請求 未請求 請求項の数1(全12頁)

(21)出願番号 特願平4-36625

(22)出願日 平成4年(1992)2月24日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 西 俊弘

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 中川 幸一

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 高橋 志郎

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

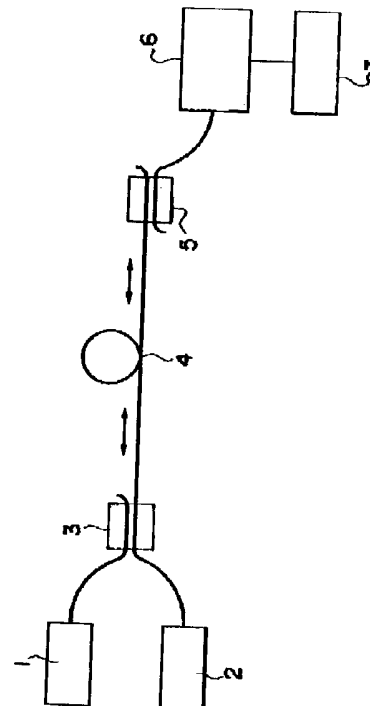
(74)代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

(54)【発明の名称】 フツリン酸塩ガラス単一モードファイバ

(57)【要約】

【目的】 従来の石英ファイバに比べファイバ長を短くでき、かつ良好な光信号増幅特性、スーパールミネッセンス特性等の光学特性を示す光ファイバを提供する。

【構成】 稀土類イオンを高濃度に分散し得るフツリン酸塩ガラスを素材ガラスとし、熱的性質がコアのフツリン酸塩ガラスの熱的性質と近いフツリン酸塩ガラスをクラッドに用いた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 モル表示で、 P_2O_5 2～27%、 Al_2O_3 0～15%、 $R''F_2$ (MgF_2 、 CaF_2 、 BaF_2 、 PbF_2 、 SrF_2 および ZnF_2 の1種または2種以上を指す。以下同じ。) 10～60%、 $R'F$ (LiF 、 NaF および KF の1種または2種以上を指す。以下同じ。) 0～40%、 $R''F_2 + R'F$ 50%以上、 $R''Cl_2$ ($MgCl_2$ 、 $CaCl_2$ 、 $BaCl_2$ 、 $PbCl_2$ 、 $SrCl_2$ および $ZnCl_2$ の1種または2種以上を指す。以下同じ。) 0～10%、 R'_2O (Li_2O 、 Na_2O および K_2O の1種または2種以上を指す。以下同じ。) 0～20%、 LaF_3 0～10%、 YbF_3 0～10%、 LnF_3 (ErF_3 、 NdF_3 の1種または2種を指す。以下同じ。) 0.01～6%を含有するフツリン酸塩ガラスをコアガラスとし、

このコアガラスより屈折率が低く、モル表示で P_2O_5 2～27%、 Al_2O_3 0～15%、 $R''F_2$ 10～60%、 $R'F$ 0～40%、 $R''F_2 + R'F$ 50%以上、 $R''Cl_2$ 0～10%、 R'_2O 0～20%を含有するフツリン酸塩ガラスで、前記のコアガラスを被覆したファイバであって、波長1 μm 以上において単一モードファイバであることを特徴とするフツリン酸塩ガラス単一モードファイバ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光ファイバ通信、光ファイバ計測等のファイバシステムで使われる光源あるいは光信号増幅器に使用するのに好適なフツリン酸塩ガラス単一モードファイバに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 稀土類イオンを分散したガラスの光学物性およびその応用はこれまで数多く研究されているが、近年、稀土類イオンをコア中に含む光ファイバを利用した研究が活発に行われている。例えば、光ファイバ中の励起光強度が高いことを用いて、多光子過程を効率よく起こして励起光より高いエネルギーの蛍光発光あるいはレーザー発振させる現象すなわちアップコンバージョン過程の研究、また、応用では光信号の直接増幅あるいは光ファイバレーザーあるいはスーパーミネッセンス素子などの検討が行われている。

【0003】 これら稀土類イオンドープ光ファイバの研究の中でも最も盛んに研究されているのは、1.55 μm 帯における光信号増幅である。そのファイバの構成は、3価のエルビウムイオン (Er^{3+}) をコア中に含有するシリカガラス光ファイバであり、主に気相成長法により作製されている。これは低損失の光ファイバが作製できる利点があったからである。しかし、シリカガラスは、ガラスが形成する配位子場が3価の稀土類イオンの結合の対称性と合わないため、稀土類イオンを高濃度に

均一に分散できない。従って、これら光ファイバを使った光ファイバ型光信号増幅器あるいは光ファイバレーザー、スーパーミネッセンス素子の小型化が困難であるという欠点があった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記欠点を解決するためには、稀土類イオンを高濃度に分散し得るガラス組成が必要となるが、このようなガラス組成としてはフツリン酸塩ガラスが広く知られている。また、光学物性の面からもフツリン酸塩ガラスはいくつかの利点が指摘されており、例えば、 Er^{3+} イオンのマトリックスガラスとしては石英系では困難とされてきた800 nm励起が可能になるとか、あるいは、 Nb^{3+} イオンのマトリックスガラスとしては1.3 μm 帯の光信号増幅が可能になるとの予測がある。さらに、フツリン酸塩ガラスは、組成制御によりその屈折率を石英の屈折率に合わせることが可能であり、このため通信媒体として用いられている石英光ファイバとフツリン酸塩ガラスで形成される光導波路とを容易に高効率で光学的な結合ができる特徴がある。

【0005】 このように、フツリン酸塩ガラスはいくつかの利点を有しているにも係わらず温度に対する粘性の変化が急峻であるため、ファイバの線引きが難しく、今までこれをファイバにした公知例は見いだされていない。

【0006】 本発明は、このような問題点を解決すべくなされたものであり、光学特性に優れたフツリン酸塩ガラスを用い、短ファイバ長であってもより優れた光信号増幅特性あるいはレーザー発振特性を示すフツリン酸塩ガラス単一モードファイバを効率良く得ることを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明者らは、上記目的を達成すべく検討を加えた結果、被覆用のクラッドガラスとして、熱的性質（線膨張係数、ガラス転移温度、粘性、結晶化温度）がコアのフツリン酸塩ガラスの熱的性質と近いフツリン酸塩ガラスを用いることにより、ファイバに線引きすることができ、光学的品質が良好で長尺なフツリン酸塩ガラスファイバが量産できることを見だし、この知見に基づき本発明を完成した。

【0008】 すなわち、本発明に係るファイバは、モル表示で、 P_2O_5 2～27%、 Al_2O_3 0～15%、 $R''F_2$ (MgF_2 、 CaF_2 、 BaF_2 、 PbF_2 、 SrF_2 および ZnF_2 の1種または2種以上を指す。以下同じ。) 10～60%、 $R'F$ (LiF 、 NaF および KF の1種または2種以上を指す。以下同じ。) 0～40%、 $R''F_2 + R'F$ 50%以上、 $R''Cl_2$ ($MgCl_2$ 、 $CaCl_2$ 、 $BaCl_2$ 、 $PbCl_2$ 、 $SrCl_2$ および $ZnCl_2$ の1種または2種以上を指す。以下同じ。) 0～10%、 R'_2O (Li

$i_2 O$ 、 $Na_2 O$ および $K_2 O$ の1種または2種以上を指す。以下同じ。) $0 \sim 20\%$ 、 LaF_3 $0 \sim 10\%$ 、 YbF_3 $0 \sim 10\%$ 、 LnF_3 (ErF_3 、 NdF_3 の1種または2種を指す。以下同じ。) $0.01 \sim 6\%$ を含有するフツリン酸塩ガラスをコアガラスとし、このコアガラスより屈折率が低く、モル表示で $P_2 O_5$ $2 \sim 27\%$ 、 $Al_2 O_3$ $0 \sim 15\%$ 、 $R'' F_2$ $10 \sim 60\%$ 、 $R' F$ $0 \sim 40\%$ 、 $R'' F_2 + R' F$ 50% 以上、 $R'' Cl_2$ $0 \sim 10\%$ 、 $R'_2 O$ $0 \sim 20\%$ を含有するフツリン酸塩ガラスで、前記のコアガラスを被覆したファイバであって、波長 $1 \mu m$ 以上において単一モードファイバであることを特徴とするフツリン酸塩ガラス単一モードファイバである。

【0009】次に本発明のフツリン酸塩ガラス単一モードファイバにおいてコアガラスおよびクラッドガラスとして用いられるフツリン酸塩ガラスの各成分の組成範囲の限定理由について説明する。

【0010】これらガラス成分の組成範囲は、光信号増幅特性、レーザー特性、スーパーミネッセンス特性、ファイバ線引き時の耐失透性、実用ファイバとして必要な化学的耐久性と機械的性質などを満足するように決定されるべきであり、コアガラスおよびクラッドガラスにおいて必須成分として用いられる $P_2 O_5$ が2モル%未満では優れた光増幅特性あるいはレーザー特性が得られなくなる。また、 $P_2 O_5$ が27モル%を越えともはや線引きが可能な安定なガラスが形成し得なくなる。従って、 $P_2 O_5$ は2～27モル%に限定される。

【0011】 $R'' F_2$ と $R' F$ は、網目修飾成分としてコアガラスおよびクラッドガラスに加えられるが、これらの含量は50モル%未満で安定なガラスが得られず、また、それぞれ $R'' F_2$ は60モル%を越えた場合、 $R' F$ は40モル%を越えると化学的耐久性が低下するために、 $R'' F_2$ は0～60モル%、 $R' F$ は0～40モル%、 $R'' F_2 + R' F$ は50モル%以上に限定される。

【0012】 ErF_3 および NdF_3 は光学活性イオンであり、コアガラスには必須であるが、ファイバ長の短縮のためには0.01モル%以上必要であり、6%を越えると濃度が高すぎ光増幅特性あるいはレーザー特性がむしろ低下してしまうので、0.01～6モル%に限定される。

【0013】任意成分の一部である $Al_2 O_3$ 、 $R'' Cl_2$ および LaF_3 は、化学的耐久性と機械的性質を向上させる効果があるので、コアおよびクラッドにある程度まで添加できる。しかし、 $Al_2 O_3$ では15モル%を越えると、 $R'' Cl_2$ では10モル%を越えると、また LaF_3 では10モル%を越えると、かえってガラスの透明性を損うので、各々上限値を有する。

【0014】もう一つの任意成分である YbF_3 は Yb^{3+} イオンの吸収体を励起し、 Yb^{3+} イオンからのエネルギー

ギー移動により、光増幅特性、レーザー特性あるいはスーパーミネッセンス特性を得ようとするものであり、コアガラスあるいはクラッドガラスのどちらに加えても良いのである。しかし、これも10モル%を越えて加えた場合、安定なガラスを形成し得なくなるため、10モル%の上限値を有する。

【0015】本発明のフツリン酸塩ガラス単一モードファイバでは、クラッドガラスの屈折率がコアガラスのそれより低くなければならないが、この条件はコアガラスおよびクラッドガラスが必須成分だけから構成される場合でも、コアガラス中に Er^{3+} イオンあるいは Nd^{3+} イオンが含有されるため、屈折率差が生じる。この他に、例えば次のようにしてコアおよびクラッドガラスに屈折率差を導入できる。

【0016】(イ)コアガラスに PbF_2 を適量添加してコアの屈折率を上げる。

【0017】(ロ) $La_2 F_3$ を $Al_2 O_3$ に置換して屈折率を下げ、クラッドとする。

【0018】上述した組成からなるコアガラスをクラッドガラスで被覆する方法は、後述の実施例で説明するように、コアガラスをロッド状に成形し、ローテーションキャスト法により形成したパイプ状のクラッドガラスの中にコアガラスロッドを挿入し、線引き炉内で線引きすることにより行われた。

【0019】本発明のフツリン酸塩ガラス単一モードファイバの光学特性は、 Er^{3+} イオンをコア中に含むファイバについて1.55 μm 帯の光信号増幅特性を測定し、評価した。すなわち、図1に示す装置構成で増幅の波長特性を評価し、後述するようにいずれのガラス組成においても極めて良好な増幅特性を得た。図1において、1は励起光源、2は信号光源、3は光カプラ、4は試料ファイバ、5は光カプラ、6は光スペクトラムアナライザ、7はコンピュータである。

【0020】光増幅機構とレーザー機構は本質的に同じ機構に基づいているため、本発明のフツリン酸塩ガラス単一モードファイバは極めて良いレーザー特性あるいはスーパーミネッセンス特性を有することが証明される。また、 Nd^{3+} イオンをコアガラスに含有した系においても、1.06 μm 帯あるいは1.3 μm 帯の光信号増幅特性を測定したところ、極めて良好な結果を得た。このときも、 Er^{3+} イオンと同様な理由で、極めて良いレーザー特性あるいはスーパーミネッセンス特性を持つことが証明された。

【0021】励起光源は、ファイバにドープした稀土類イオンの吸収スペクトルに一致するならば、どのようなレーザー光源でも良いが、励起光源も含めた装置全体の大きさを考えればレーザーダイオードが望ましい。

【0022】ファイバの長さは、励起光を十分吸収し、かつ光信号増幅あるいはレーザー発振するのに十分な利得が得られる長さでなければならない。これらは励起光

波長、励起光強度、稀土類イオン濃度によって最適なファイバ長を決定するべきである。

【0023】

【実施例】以下、実施例により本発明をさらに説明するが、本発明はこれらの実施例になんら限定されるものではない。

【0024】（実施例1）まずプリフォームの作製法について説明する。

【0025】表1に示したモル分率になるように秤量したクラッド用ガラス原料40gを60cm³の白金るつぽに入れ、最高温度1000℃で加熱し、ガラスを合成した。その後、700℃に融液温度を下げ、予めTg付近に加熱してあるローテショナルキャスト用鋳型にそそぎ、直径12mm、内径2.5mm、長さ100mmのパイプを作製した。このパイプの内側に上述したのと同様な方法で作製したコア用ガラス棒、直径2.5mm、長さ100mmを挿入した後、直径が約2.5mmになるように加熱延伸した。延伸されたガラス棒を再度上記と同じクラッド用パイプ内に挿入し導波路構造を有するプリフォームを得た。

【0026】このプリフォームを約550℃に保った線引炉で加熱し、ドラムに巻取ることにより、直径約125μmの光ファイバを安定に作製することができた。このときコアガラスの屈折率は、石英ガラスの屈折率と近く、高効率な光結合が実現できた。

【0027】作製した光ファイバ10cmを図1に示した光信号増幅測定系にセットし、1.55μm帯の光信号増幅特性を測定したところ、以下のような特性を得た。

【0028】実験条件

励起光源：波長 980nm、強度 20mW

信号光：強度 -30dBm

結果

最大増幅：35dB（インターナル）

20dB以上増幅可能波長幅：35nm

以上説明したように、実施例1に示した光ファイバは、短いファイバ長で高効率かつ広い波長範囲で光信号増幅が可能であることが証明された。

【0029】（実施例2～17）表1～4に示した組成からなるコアおよびクラッドガラスを用いて、実施例1と同様な方法で実施例2～17のファイバを得た。コアガラスの屈折率を表1～4に示すが、この中で特に実施

例2、3、7～9のコアガラスの屈折率は、石英ガラスの屈折率と近く高効率な光結合が実現できた。

【0030】得られたファイバについて、実施例1と同様な方法で1.55μm帯の光信号特性を測定した。その結果を表7に示す。いずれのファイバにおいても極めて良好な光信号増幅特性を得、本発明のファイバが短いファイバ長で高効率かつ広い波長範囲で光信号増幅が可能であることが証明された。

【0031】（実施例18～22）表5に示した組成からなるコアおよびクラッドガラスを用いて、実施例1と同様な方法で実施例18～22のファイバを得た。コアガラスの屈折率を表5に示すが、この中で特に実施例18～20のコアガラスの屈折率は、石英ガラスの屈折率と近く高効率な光結合が実現できた。

【0032】得られたファイバについて、実施例1と同様な方法で1.55μm帯の光信号特性を測定した。励起光波長はYb³⁺イオンの吸収に合わせ830nmとした。その結果を表7に示す。いずれのファイバにおいても極めて良好な光信号増幅特性を得、Yb³⁺、Er³⁺をコアに含む本発明のファイバが短いファイバ長で高効率かつ広い波長範囲で光信号増幅が可能であることが証明された。

【0033】（実施例23～26）表6に示した組成からなるコアおよびクラッドガラスを用いて、実施例1と同様な方法で実施例23～26のファイバを得た。

【0034】得られたファイバについて、実施例1と同様な方法で1.31μm帯の光信号特性を測定した。励起光波長はNd³⁺イオンの吸収に合わせ800nmとした。その結果を表7に示す。いずれのファイバにおいても極めて良好な光信号増幅特性を得、Nd³⁺をコアに含む本発明のファイバが短いファイバ長で高効率かつ広い波長範囲で光信号増幅が可能であることが証明された。

【0035】

【発明の効果】本発明のフツリン酸塩ガラス単一モードファイバは、従来の石英ファイバに比べファイバ長を短くでき、かつ良好な光信号増幅特性、スーパーluminescence特性等の優れた光学特性を示し、その結果、光ファイバ通信、光ファイバ計測等のファイバシステムで使われる光源あるいは光信号増幅器に使用するのに適したコンパクトで高性能な各種光デバイスを実現できる。

【0036】

【表1】

ファイバーガラス組成 (モル%表示)

実施例	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	AlF ₃	MgF ₂	CaF ₂	SiF ₄	BaF ₂	LiF	Li ₂ CO ₃	NaF	KF	ErF ₃	YbF ₃	NdF ₃	LaF ₃	ファイバ径 (μm)	コア径 (μm)	ファイバ屈折率
1 コアガラス クラッドガラス	13.0 13.0	0.0 0.0	27.0 29.0	10.0 10.0	18.0 18.0	15.0 15.0	8.0 8.0	0 0	0.0 0.0	6.0 7.0	0 0	1 0	0 0	0 0	2.0 0	125	5.2	1.4639
2 コアガラス クラッドガラス	13.0 13.0	0.0 0.0	27.0 29.0	10.0 10.0	18.0 18.0	15.0 15.0	8.0 8.0	6 7	0.0 0.0	0.0 0.0	0 0	1 0	0 0	0 0	2.0 0	130	5.3	1.4706
3 コアガラス クラッドガラス	15.5 15.5	2.5 2.5	20.5 22.5	7.5 7.5	13.5 13.5	11.0 11.0	10.5 10.5	13 14	2.0 2.0	0.0 0.0	0 0	1 0	0 0	0 0	2.0 0	125	5.3	1.4915
4 コアガラス クラッドガラス	20.0 20.0	5.0 5.0	14.0 16.0	5.0 5.0	9.0 9.0	7.0 7.0	13.0 13.0	20 21	4.0 4.0	0.0 0.0	0 0	1 0	0 0	0 0	2.0 0	130	5.4	1.5113
5 コアガラス クラッドガラス	23.5 23.5	7.0 7.0	7.0 9.0	2.5 2.5	4.5 4.5	3.5 3.5	16.0 16.0	27 28	6.0 6.0	0.0 0.0	0 0	1 0	0 0	0 0	2.0 0	130	5.5	1.5262

* * 【表2】

【0037】

ファイバーガラス組成 (モル%表示)

実施例	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	AlF ₃	MgF ₂	CaF ₂	SrF ₂	BaF ₂	LiF	Li ₂ CO ₃	NaF	KF	ErF ₃	YbF ₃	NdF ₃	LaF ₃	コア径 (μ m)	クラッド径 (μ m)	コア径 屈折率
6 コアガラス クラッドガラス	8.2 8.2	2.7 2.7	22.8 24.9	8.2 8.2	18.5 18.5	13.3 13.3	8.2 8.2	15 16	0.0 0.0	0.0 0.0	0 0	1 0	0 0	0 0	2.1 0	5.1	120	1.4595
7 コアガラス クラッドガラス	8.2 8.2	2.7 2.7	17.8 19.9	8.2 8.2	18.5 18.5	13.3 13.3	8.2 8.2	20 21	0.0 0.0	0.0 0.0	0 0	1 0	0 0	0 0	2.1 0	5.2	125	1.4636
8 コアガラス クラッドガラス	10.0 10.0	3.3 3.3	20.0 22.0	0.0 0.0	15.0 15.0	0.0 0.0	10.0 10.0	30 31	8.7 8.7	0.0 0.0	0 0	1 0	0 0	0 0	2.0 0	5.2	125	1.4664
9 コアガラス クラッドガラス	8.2 8.2	2.7 2.7	12.8 14.9	8.2 8.2	18.5 18.5	13.3 13.3	8.2 8.2	25 26	4.0 0.0	0.0 0.0	0 0	1 0	0 0	0 0	2.1 0	5.4	130	1.4720
10 コアガラス クラッドガラス	8.2 8.2	2.7 2.7	35.1 37.2	7.0 7.0	18.5 18.5	11.0 11.0	8.2 8.2	0 0	0.0 0.0	6.2 7.2	0 0	1 0	0 0	0 0	2.1 0	5.3	125	1.4415

【0038】

【表3】

ファイバーガラス組成 (モル%表示)

実施例	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	AlF ₃	HgF ₂	CaF ₂	SrF ₂	BaF ₂	LiF	Li ₂ CO ₃	NaF	KF	ErF ₃	YbF ₃	NdF ₃	LaF ₃	ファイバ径 (μm)	コア径 (μm)	コア径 (μm)	屈折率
11	コアガラス	21.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	34	8.0	0.0	0	1	0	0	2.0	130	5.6	1.3337
	クラッドガラス	21.0	7.0	2.0	0.0	0.0	0.0	27.0	35	8.0	0.0	0	0	0	0	0			
12	コアガラス	24.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	34	8.0	0.0	0	1	0	0	2.0	125	5.5	1.5370
	クラッドガラス	24.0	8.0	2.0	0.0	0.0	0.0	23.0	35	8.0	0.0	0	0	0	0	0			
13	コアガラス	27.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	34	8.0	0.0	0	1	0	0	2.0	130	5.5	1.5441
	クラッドガラス	27.0	9.0	2.0	0.0	0.0	0.0	19.0	35	8.0	0.0	0	0	0	0	0			
14	コアガラス	21.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	17	8.0	0.0	17	1	0	0	2.0	125	5.3	1.5138
	クラッドガラス	21.0	7.0	2.0	0.0	0.0	0.0	27.0	18	8.0	0.0	17	0	0	0	0			

11

(7)

特開平5-238775

12

【0039】

【表4】

10

20

30

40

ファイバーガラス組成 (モル%表示)

実施例	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	AlF ₃	MgF ₂	CaF ₂	SrF ₂	BaF ₂	BaCl ₂ · 2H ₂ O	LiF	NaF	KF	ErF ₃	YbF ₃	NdF ₃	LaF ₃	コア径 (μm)	ファイバ径 (μm)	屈折率
15	コア クラッド	8 8	0 0	32 34	10 10	18 18	15 15	8 8	0 0	0 0	6 7	0 0	1 0	0 0	2 0	5.2	120	1.4420
16	コア クラッド	8 8	0 0	32 34	10 10	18 18	15 15	4 4	4 4	0 0	6 7	0 0	1 0	0 0	2 0	5.1	120	1.4504
17	コア クラッド	8 8	0 0	32 34	10 10	18 18	15 15	0 0	8 8	0 0	6 7	0 0	1 0	0 0	2 0	5.1	130	1.4580

【0040】

* * 【表5】

ファイバーガラス組成 (モル%表示)

実施例	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	AlF ₃	MgF ₂	CaF ₂	SrF ₂	BaF ₂	LiF	Li ₂ CO ₃	NaF	KF	ErF ₃	YbF ₃	NdF ₃	LaF ₃	ファイバ径 (μm)	コア径 (μm)	コア径 (μm)	コア径 (μm)	屈折率
18 コアガラス クラッドガラス	13.0 13.0	0.0 0.0	26.0 30.0	10.0 10.0	18.0 18.0	15.0 15.0	8.0 8.0	0 0	0.0 0.0	6.0 6.0	0 0	1 0	3 0	0 0	0 0	130	5.1	5.1	5.1	1.4639
19 コアガラス クラッドガラス	13.0 13.0	0.0 0.0	23.0 30.0	10.0 10.0	18.0 18.0	15.0 15.0	8.0 8.0	6 6	0.0 0.0	0.0 0.0	0 0	1 0	6 0	0 0	0 0	110	4.8	4.8	4.8	1.4706
20 コアガラス クラッドガラス	16.5 16.5	2.5 2.5	19.5 23.5	7.5 7.5	13.5 13.5	11.0 11.0	10.5 10.5	13 13	2.0 2.0	0.0 0.0	0 0	1 0	3 0	0 0	0 0	125	5.5	5.5	5.5	1.4915
21 コアガラス クラッドガラス	20.0 20.0	5.0 5.0	13.0 17.0	5.0 5.0	9.0 9.0	7.0 7.0	13.0 13.0	20 20	4.0 4.0	0.0 0.0	0 0	1 0	3 0	0 0	0 0	125	5.6	5.6	5.6	1.5113
22 コアガラス クラッドガラス	23.5 23.5	7.0 7.0	6.0 10.0	2.5 2.5	4.5 4.5	3.5 3.5	16.0 16.0	27 27	6.0 6.0	0.0 0.0	0 0	1 0	3 0	0 0	0 0	130	5.6	5.6	5.6	1.5252

ファイバーガラス組成 (モル%表示)

実施例	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	AlF ₃	MgF ₂	CaF ₂	SrF ₂	BaF ₂	LiF	Li ₂ CO ₃	NaF	KF	ErF ₃	YbF ₃	NdF ₃	LaF ₃	コア径 (μ m)	コア径 屈折率
23	21.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	34	8.0	0.0	0	0	0	1	2.0	5.5	1.5337
	21.0	7.0	3.0	0.0	0.0	0.0	27.0	34	8.0	0.0	0	0	0	0	0		
24	24.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	34	8.0	0.0	0	0	0	1	2.0	5.5	1.5370
	24.0	8.0	3.0	0.0	0.0	0.0	23.0	34	8.0	0.0	0	0	0	0	0		
25	27.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	34	8.0	0.0	0	0	0	1	2.0	5.6	1.5441
	27.0	9.0	3.0	0.0	0.0	0.0	19.0	34	8.0	0.0	0	0	0	0	0		
26	21.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	17	8.0	0.0	17	0	0	1	2.0	5.4	1.5138
	21.0	7.0	3.0	0.0	0.0	0.0	27.0	17	8.0	0.0	17	0	0	0	0		

【0042】

* * 【表7】

19
光信号増幅特性

20

実施例	励起光波長 (nm)	励起光強度 (mW)	ファイバ長 (cm)	最大増幅度 (dB)	増幅範囲 (nm)	(注)
1	980	20	10	35	38	
2	980	20	10	38	40	
3	980	20	10	40	35	
4	980	22	10	38	33	
5	980	20	10	39	32	
6	980	20	10	34	38	
7	980	20	10	34	39	
8	980	20	10	35	38	
9	980	20	10	35	38	
10	980	20	10	35	41	
11	979	20	10	42	30	
12	979	20	10	43	29	
13	978	20	10	45	26	
14	980	20	10	40	30	
15	980	20	10	30	40	
16	980	20	10	30	42	
17	980	20	10	30	44	
18	830	40	10	32	38	
19	830	30	10	32	39	
20	830	40	10	32	35	
21	830	40	10	33	33	
22	830	40	10	33	32	
23	800	50	10	12	25	
24	800	50	10	13	24	
25	800	50	10	14	24	
26	800	50	10	12	26	

(注) 実施例1～22では20dB以上、実施例23～26では5dB 以上

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のファイバの光信号増幅特性を測定する評価装置の概略構成図である。

【符号の説明】

1 励起光源

2 信号光源

* 3 光カプラ

4 試料ファイバ

5 光カプラ

6 光スペクトラムアナライザ

7 コンピュータ

*

【図1】

